

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Las

Definisi menurut DIN (Deutsche Industrie Normen) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan atau paduan yang dilakukan dalam keadaan lumer atau cair. Dari definisi ini dapat dijabarkan secara lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas (Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, 2000).

Mengelas menurut Alip (1989) adalah suatu aktifitas menyambung dua bagian benda atau lebih dengan cara memanaskan atau menekan gabungan dari keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu seperti benda utuh. Penyambungan bias dengan atau tanpa bahan tambah (filler metal) yang sama atau berbeda titik cair maupun strukturnya.

Pengelasan dapat diartikan dengan proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekritisasi logam, dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah dan menggunakan energi panas sebagai pencair bahan yang dilas. Pengelasan juga dapat diartikan sebagai ikatan tetap dari benda atau logam yang dipanaskan.

Mengelas bukan hanya memanaskan dua bagian benda sampai mencair dan membiarkan membeku kembali, tetapi membuat lasan yang utuh dengan cara memberikan bahan tambah atau elektroda pada waktu dipanaskan sehingga mempunyai seperti yang dikehendaki. Kekuatan sambungan las dipengaruhi oleh

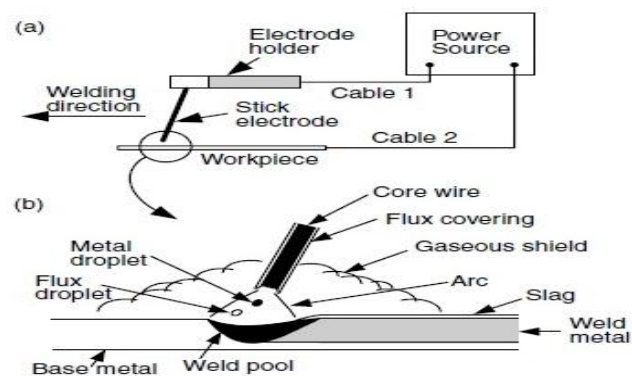
beberapa faktor antara lain : prosedur pengelasan, bahan, elektroda, dan jenis kampuh yang digunakan.

2.2 Las SMAW (Shielded Metal Arc Welding)

Las busur logam terlindungi (SMAW) adalah proses yang melelehkan dan bergabung dengan logam dengan memanaskannya dengan busur yang terbentuk antara elektrode konverasi yang menempel dan logam. Ini sering disebut pengelasan tongkat. Pemegangan elektrode dihubungkan melalui kabel las ke satu terminal dari sumber listrik dan bekerja dihubungkan melalui kabel las kedua dari terminal daya lainnya.

Inti dari elektroda yang ditutupi, kawat inti, melakukan arus listrik ke busur dan menyediakan logam pengisi untuk sambungan. Untuk kontak listrik, bagian atas 1,5 cm dari kawat inti kosong dan dipegang oleh pemegang elektroda. Dudukan elektroda pada dasarnya adalah penjepit logam dengan selubung luar yang diisolasi secara elektrik agar juru las dapat memegangnya dengan aman.

Panas busur menyebabkan kedua kawat inti dan fluks menutupi ujung elektroda untuk mencairkan tetesan. Logam cair mengumpulkan dikolam las dan memadatmenjadi lapisan terak dibagian atas logam las (Welding Metallurgy, Second Edition.Sindo Kou 2003 John Wiley & Sons, Inc).



Gambar 2.1 : Las busur listrik : (a) proses menyeluruh , (b) bidang pengelasan membesar.
(Welding Metallurgy, Second Edition. Sindo Kou 2003 John Wiley & Sons, Inc.).

2.3 Elektroda Terbungkus

Pengelasan dengan menggunakan las busur listrik memerlukan kawat las (elektroda) yang terdiri dari suatu inti terbuat dari logam yang dilapisi lapisan dari campuran kimia. Fungsi dari elektroda sebagai pembangkit dan sebagai bahan tambahan.

Elektroda terdiri dari dua bagian yaitu bagian yang berselaput (fluks) dan tidak berselaput yang merupakan pangkal untuk menjepitkan tang las. Fungsi dari fluks adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara menghasilkan gas pelindung, menstabilkan busur.

Berikut ini adalah spesifikasi elektroda baja karbon berdasarkan jenis dari lapisan elektroda (fluks), jenis listrik yang digunakan, posisi pengelasan dan polaritas pengelasan terdapat tabel dibawah ini :

Tabel 2.1 : Spesifikasi Elektroda Terbungkus dari Baja Lunak (Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, 2000).

Klasifikasi AWS-ASTM	Jenis Fluks	Posisi ^{*)} pengelasan	Jenis Listrik	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Kekuatan luluh (kg/mm ²)	Perpanjangan (%)
Kekuatan tarik terendah kelompok E 60 setelah dilaskan adalah 60.000 psi atau 42,2 kg/mm ²						
E6010.....	Natrium selulosa tinggi	F, V, OH, H	DC polaritas balik	43,6	35,2	22
E6011.....	Kalium selulosa tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas balik	43,6	35,2	22
E6012.....	Natrium titania tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas lurus	47,1	38,7	17
E6013.....	Kalium titania tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas ganda	47,1	38,7	17
E6020.....	Oksida besi tinggi	H-S	AC atau DC polaritas lurus	43,6	35,2	25
E6027.....	Serbuk besi, oksida besi	F	AC atau DC polaritas ganda	43,6	35,2	25
Kekuatan tarik terendah kelompok E70 setelah dilaskan adalah 70.00 psi atau 49,2 kg/mm ²						
E7014.....	Serbuk besi, titania	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas ganda			17
E7015.....	Natrium hidrogen rendah	F, V, OH, H	DC polaritas balik			22
E7016.....	Kalium hidrogen rendah	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas balik			22
E7018.....	Serbuk besi, hidrogen rendah	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas balik	50,6	42,2	22
E7024.....	Serbuk besi, titania	H-S, F	AC atau DC polaritas ganda			17
E7028.....	Serbuk besi, hidrogen rendah	H-S, F	AC atau DC polaritas balik			22

Klasifikasi AWS-ASTM	Kekuatan tumbuk terendah	* ^{*)} Arti simbol:
E6010, E6011.....		F = datar
E6027, E7015.....	2,8 kg-m pada 28,9°C	V = vertikal
E7016, E7018.....		OH = atas kepala
E7028.....	2,8 kg-m pada 17,8°C	H = horizontal
E6012, E6013.....		H-S = horizontal las sudut
E6020, E7014.....	tidak disyaratkan	
E7024.....		

Elektroda adalah bagian ujung (yang berhubungan dengan benda kerja) rangkaian penghantar arus listrik sebagai sumber panas (Alip,1989).



Gambar 2.2 : Las busur dengan elektroda terbungkus (Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, 2000).

2.3.1 Elektroda Baja Karbon dan Baja Paduan Rendah

American Welding Society (AWS) telah membuat suatu system klasifikasi untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasi berbagai jenis elektroda las. Seluruh elektroda baja. Proses pengelasan SMAW, cara penulisannya diawali huruf E yang menandakan elektroda dan diikuti dengan 4 digit angka (AWS EXXX). Dua digit pertama merupakan kekuatan tarik dari logam las (all weld metal) dalam satuan ksi (=1000 lb/in²). Digit ketiga menandakan posisi pengelasan dan digit keempat merupakan jenis fluks yang menyelimuti kawat las elektroda.

AWS EX1X2X3X4

berarti :

- E = Elektroda
- X1X2 = Kekutan tarik logam las (dalam ksi)
- X3 = Posisi Pengelasan
 - 1 : semua posisi pengelasan
 - 2 : posisi pengelasan mendatar dan horizontal
 - 3 : posisi pengelasan mendatar
- X4 = Jenis fluks

2.3.2 Elektroda E6013

Sifat Umum

Kawat las jenis E6013 ini sangat mirip dengan jenis E6012 tetapi masih terdapat perbedaan dalam segi kegunaan dan sifat kerjanya. Kawat las ini dapat dipakai dalam semua posisi pada arus AC atau DC. DC straight polarity (DC⁺) dapat memeperkecil percikan (*splatter*) dan lekukan (*undercut*). Karena itu rigi – rigi lasan yang terjadi sangat bagus dengan bentuk yang mulus dan datar (*flat*),

teraknya mudah dibuang, dan busurnya dapat dikendalikan dengan mudah, terutama pada kawat las yang diameternya lebih rendah.

Pada kawat las E6013 lebih diutamakan untuk pengelasan pelat – pelat tipis dengan ketebalan maksimum $3/8''$, dengan busur lemah (rendah) dan pembakaran yang dangkal. Sifat – sifat mekaniknya sedikit lebih baik dari pada kawat las E6012.

Pada dasarnya kawat las E6013 dirancang khusus untuk mengelas pelat. Tetapi kawat – kawat las yang ukurannya lebih besar yaitu 3,25 mm ($1/8''$) ke atas, dapat dipakai untuk mengelas bahan yang menghendaki daya busur yang lebih tenang, bentuk rigi – rigi lebih halus dan baik.

Umumnya kawat las E6013 dirancang khusus untuk mengelas berbeda – beda, menghasilkan cairan logam pada pancaran busur yang berbeda-beda, menghasilkan cairan logam pada pancaran busur yang berbeda pula. Beberapa pabrik mencampur salutannya sedemikian rupa sehingga pemindahan tetesannya memancar dengan baik terhadap loga yang akan dilas. Sifat pemancaran pemindahan tetesan cairan yang baik sangat diperlukan pada waktu pengelasan tegak lurus (*vertical*) dan diatas kepala (*over head*).

Sifat Kutub

Kawat jenis las E6013 dapat dipakai pada mesin las AC dan DC *straight polarity* (DC⁻). Jadi pada saat pemakaian, kabel las harus dipasang pada kutub negatif pada mesin las-dijepit pada kepala tang las, sedang kabel kerja harus dipasang pada kutub positif.

Bahan Salutan

Kawat las E6013 mempunyai salutan yang hamper sama dengan kawat las E6012, yakni jenis nitrium titania tinggi (*high titania sodium*) atau yang lazim disebut kawat las bersalut rutil yang mengandung selulosa dan *ferro manganese*. Ada beberapa merk kawat las yang menambahkan salutannya dengan serbuk besi untuk memudahkan pemakaiannya pada mesin las AC.

Karena campuran pada salutannya, kawat las E6013 memberi keuntungan karena daerah lasan terbebas dari peyusupan – penyusupan terak (*slag inclusion*) dan dari pengaruh oksidasi jika dibandingkan dengan kawat las E6012, sehingga pada pemeriksaan kualitas secara radiografi sinar-x, hasil las kawat las E6013 ini akan lebih baik.

Sifat Busur dan Pembakaran

Seperti yang dijelaskan, kawat las E6013 sangat mirip dengan kawat las E6012, yaitu kawat las E6013 ini sifat busurnya lemah dengan daya penembusannya yang dangkal. Karena itu kawat las E6013 dapat dengan baik dipakai pada tegangan rendah. Kawat las E6013 ini sangat baik untuk mengelas pelat – pelat yang tebal, apalagi untuk mengelas kampuh dengan celah yang curam, karena pembakarannya yang kurang dalam.

Pemakaian Utama

Kawat las ini dipakai khusus untuk mengelas baja lunak, terutama untuk mengelas pelat-pelat yang tipis. Walaupundemikian, kawat las E6013 dengan diameter yang besar yakni 3 ¼ mm keatas dapat dipakai untuk mengelas benda lain, tetapi pada pengelasan pertama didahului dengan E6012. Arus tinggi yang biasanya dipakai pada pengelasan dengan kawat las E6013, kecuali pada

pengelasan posisi tegak lurus dan diatas kepala (*over head*). Arus untuk kawat las E6013 dan disamakan dengan arus yang diperlukan untuk kawat las E6012.

Tabel 2.2 : Komposisi Kimia Elektroda E6013

C	Mn	Si	S	P	Ni	Mo	Cr	V
0,20	1,20	1,00	0,035	0,4	-	-	-	-

Tabel 2.3 : Nilai Kekuatan Elektroda

Tensile Strength (N/mm ²)	Yield Strength (N/mm ²)	Elongations (%)
306	400 - 560	22

Tabel 2.4 : Besar Arus dan Tegangan pada Kawat Las E6013

DIAMETER BATANG LAS		KUAT ARUS (ampere)	TEGANGAN BUSUR (Volt)
Inci	mm		
1/16	1,50	20 - 40	17 - 20
5/64	2,00	25 - 60	17 - 21
3/32	2,50	45 - 90	17 - 21
1/8	3,25	80 - 120	16 - 22
5/32	4,00	105 - 180	18 - 22
3/16	5,00	150 - 230	20 - 24
7/32	5,50	210 - 300	21 - 25
1/4	6,00	250 - 350	22 - 26
5/16	8,00	320 - 430	23 - 27

2.4 Besar Arus Listrik

Besarnya arus Pengelasan yang diperlukan tergantung diameter elektroda, tebal bahan dilas, jenis elektroda yang digunakan, geometri sambungan, diameter inti elektroda, posisi pengelasan. Daerah las mempunyai kapasitas panas tinggi maka diperlukan arus yang tinggi.

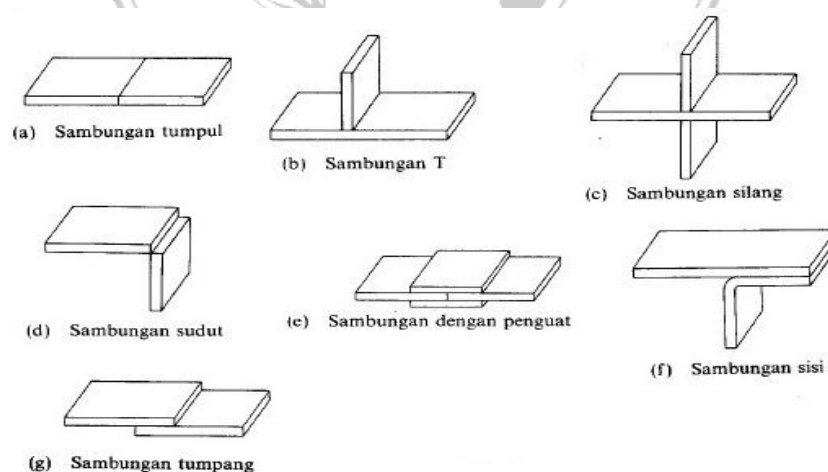
Arus Las yang merupakan parameter las yang mempengaruhi penembusan dan kecepatan logam induk. Maka tinggi arus las makin besar penembusan dan

kecepatan pencariannya. Besar arus pada pengelasan mempengaruhi hasil las bila arus terlalu rendah maka perpindahan cairan dari ujung elektroda yang digunakan sangat sulit dan busur listrik yang terjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan logam dasar, sehingga menghasilkan bentuk rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan kurang dalam. Jika arus terlalu besar, maka akan menghasilkan manik melebar, butiran percikan panas, penetrasi dalam serta penguatan matrik las tinggi.

2.5 Jenis Jenis Sambungan

(1) *Sambungan las dasar*

Sambungan las dasar konstruksi pada baja pada dasarnya dibagi dalam sambungan tumpul, sambungan T, sambungan sudut dan sambungan tumpang. Sebagai perkembangan sambungan dasar tersebut diatas terjadi sambungan sambungan silang, sambungan dengan penguat dan sambungan sisi seperti yang ditunjukkan dalam Gbr. 2.3



Gambar 2.3 : Jenis jenis sambungan dasar (Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, 2000).

(2) Sambungan las tumpul

Sambungan tumpul adalah jenis sambungan yang paling efisien. Sambungan ini dibagi lagi menjadi dua yaitu sambungan penetrasi penuh dan sambungan penetrasi sebagian seperti yang terlihat dari Gbr. 2.5 . Sambungan penetrasi penuh dibagi lebih lanjut menjadi sambungan plat pembantu yang turut menjadi bagian dari konstruksi dan pelat pembantu yang hanya sebagai penolong pada waktu proses pengelasan baja.

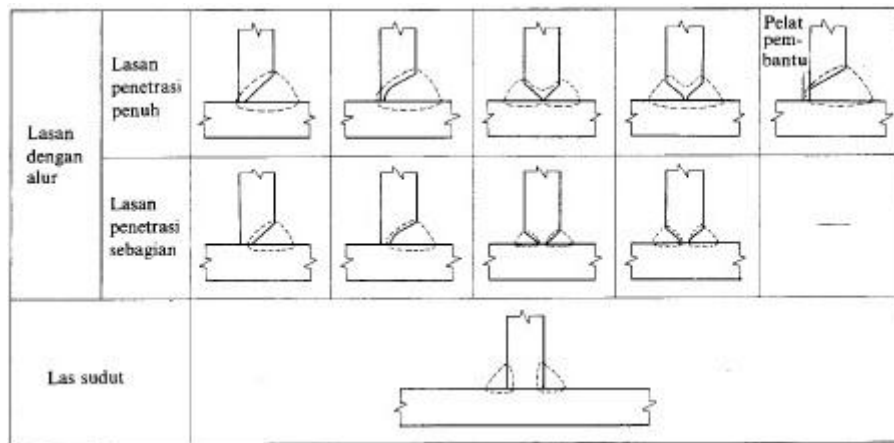
Bentuk alur dalam sambungan tumpul sangat mempengaruhi efisiensi pengerjaan, efisiensi sambungan dan jaminan sambungan. Karena itu pemilihan bentuk alur sangat penting. Bentuk dan ukuran alur sambungan datar ini sudah banyak distandarkan dalam standar AWS, BS, DIN, GOST, JSSC dan lain-lainnya.

Jenis lasan	Lasan dengan alur		
	Lasan Penetrasi penuh tanpa pelat penahan	Lasan penetrasi penuh dengan pelat penahan	Lasan penetrasi sebagian
Persegi (I)			
V tunggal (V)			
Tirus tunggal (N)			
U tunggal (U)		—	
V ganda (X)		—	
Tirus ganda (X)		—	
U ganda (H) (DU)		—	
3 tunggal (J)		—	
3 ganda (DU)		—	

Gambar 2.4 : Alur sambungan las tumpul (Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, 2000).

(3) Sambungan bentuk T dan bentuk silang :

Pada kedua sambungan ini secara garis besar dibagi dalam dua jenis yaitu jenis lasa dengan alur dan jenis las sudut. Hal-hal ini dijelaskan untuk sambungan tumpul diatas juga berlaku untuk sambungan jenis ini. Dalam pelaksanaan pengelasan mungkin sekali ada bagian batang yang menghalangi yang dalam hal ini dapat diatasi dengan memperbesar sudut alur.



Gambar 2.5 : Sambungan T (Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, 2000).

(4) Sambungan sudut

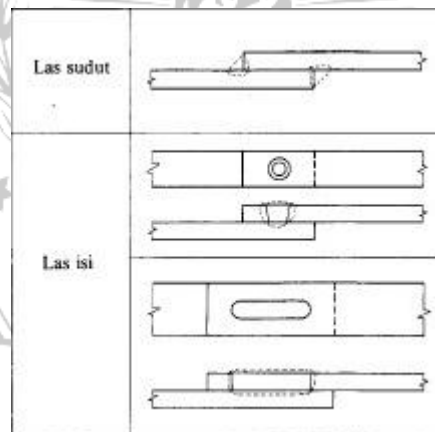
Dalam sambungan ini dapat terjadi penyusutan dalam arah tabel pelat yang dapat menyebabkan terjadinya retak lamel. Hal ini dapat dihindari dengan membuat alur pada plat tegak seperti yang terlihat dalam Gbr 2.6. Bila pengelasan dalam tidak dapat dilakukan karena sempitnya ruang maka pelaksanaannya dapat dilakukan dengan pengelasan tertentu atau pengelasan dengan plat pembantu.

Lasan dengan alur	Lasan penetrasi penuh							
	Lasan penetrasi sebagian							
Gabungan lasan dengan alur dan las sudut								
Las sudut								

Gambar 2.6 : Sambungan sudut (Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, 2000).

(5) *Sambungan tumpang*

Sambungan tumpang dibagi menjadi 3 jenis seperti ditunjukkan dalam Gbr. 2.7 Karena sambungan ini efisiennya rendah maka jarang sekali digunakan untuk pelaksanaan penyambungan konstruksi utama. Sambungan tumpang biasanya dilaksanakan dengan las sudut dan las sisi.

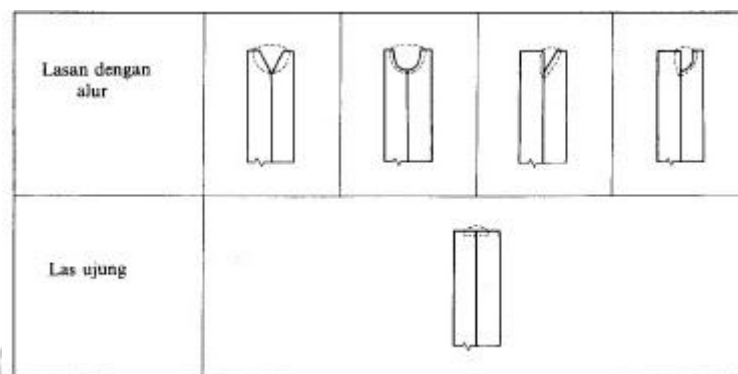


Gambar 2.7 : Sambungan tumpang (Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, 2000).

(6) *Sambungan sisi*

Sambungan sisi dibagi dalam sambungan las dengan alur sambungan dan las ujung seperti yang terlihat dalam Gbr. 2.8

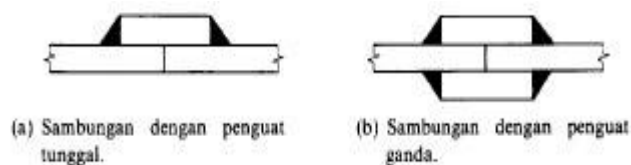
Untuk jenis yang pertama pada pelatnya harus dibuat alur sedangkan jenis kedua pengelasan dilakukan pada ujung pelat tanpa ada alur. Jenis yang kedua ini biasanya hasilnya kurang memuaskan kecuali bila pengelasannya dilakukan dalam posisi datar dengan aliran listrik yang tinggi. Karena hal ini maka jenis ini hanya dipakai untuk mengelas tambahan atau sementara pada pengelasan plat-plat yang tebal.



Gambar 2.8 : Sambungan sisi (Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, 2000).

(7) *Sambungan dengan plat penguat*

Sambungan ini dibagi menjadi dua jenis yaitu sambungan dengan plat penguat tunggal dan dengan penguat ganda seperti yang ditunjukkan dalam Gbr. 2.9 dari gambar ini dapat dilihat bahwa sambungan ini mirip sambungan tumpang. Dengan alasan yang sama dengan sambungan tumpang, maka sambungan ini jarang digunakan untuk penyambungan konstruksi utama.



Gambar 2.9 : Sambungan plat penguat (Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, 2000).

2.6 Baja SS400

Baja struktural JIS G3101 – SS400 komposisinya hampir sama dengan A 36 dan termasuk kedalam *Mild Steels*. Komposisi dari *Mild Steel* umumnya terdiri dari 0,25% C, 0,4 – 0,7 Mn, 0,5% Si dan sedikit sulfur, fosfor, dan unsur lain yang tersisa. Mangan didalam baja ini berfungsi sebagai stabilitas sulfur, silicon berfungsi deoksidasi, dan karbon berfungsi sebagai penguat pada baja jenis ini. *Mild Steel* umumnya digunakan pada produk as-roller, forged, atau annalead. Didalam dunia industri saat ini, JIS G3101 – SS400 banyak digunakan untuk menggantikan ASTM A 36 karena lebih murah dicari.

Mild Steel yang banyak dipakai adalah kategori low carbon ($C < 0,08\%$ dan $Mn \leq 0,4\%$) yang umumnya untuk forming dan packaging. Mild Steel dengan kandungan karbon mangan yang lebih tinggi juga digunakan untuk produk struktural seperti plat, lembaran, batangan, dan *structural selections*.

Tabel 2.5 : Komposisi Kimia Baja JIS G 3101 - SS400

Clasification		Chemical Compositions				
		C (max)	Si (max)	Mn	P (max)	S (max)
JIS G3101	SS 400	-	-	-	0,05	0,05
	SS 490	-	-	-	0,05	0,05
	SS 540	0,3	-	1,6 max	0,04	0,04
ASTM	A36	0,26	0,4	0,6 – 0,9	0,04	0,05

2.7 Non Destructive Test (NDT)

Pengujian tidak merusak (NDT) adalah teknik non-invasif untuk menentukan integritas bahan, komponen atau struktur. Karena memungkinkan pemeriksaan tanpa mengganggu penggunaan akhir produk, NDT memberikan

keseimbangan yang sangat baik antara kontrol kualitas dan efektivitas biaya (IAEA, VIENA, 2005).

Tujuan utama dari NDT adalah untuk memprediksi atau menilai kinerja pemakaian suatu komponen atau sistem pada berbagai tahap siklus manufaktur dan pelayanan. NDT digunakan untuk pengendalian kualitas fasilitas dan produk, dan untuk penilaian kecocokan atau tujuan (disebut penilaian umur material) untuk mengevaluasi sisa masa operasi komponen material (jalur pengolahan, pipa dan kapal) (IAEA, VIENA, 2005).

Pengujian tak merusak (NDT) dapat diterapkan baik pada struktur lama maupun baru. Untuk struktur baru, aplikasi utama cenderung untuk kontrol kualitas bahan atau resolusi keraguan tentang kualitas bahan atau konstruksi. Pengujian struktur yang ada biasanya terkait dengan penilaian integritas structural atau kecukupan (IAEA, VIENA, 2002).

Di dalam pengujian tak merusak (NDT) ada enam jenis metode NDT yang paling sering digunakan. Metode-metode ini adalah *visual inspection*, *liquid penetrant testing*, *magnetic particle testing*, *electromagnetic or eddycurrent testing*, *radiographic testing*, *ultrasonic testing*.

2.7.1 Visual Inspection (Inspeksi Visual)

Inspeksi Visual adalah Inspeksi yang merupakan langkah pertama yang diambil dalam NDT. Metode ini bertujuan menemukan cacat atau retak permukaan dan korosi. Dalam hal ini tentu saja adalah retak yang dapat terlihat oleh mata telanjang atau dengan bantuan lensa pembesar ataupun baroskop.

Keuntungan – keuntungan :

1. Termasuk jenis metode NDT termurah.

2. Penggunaannya biasa dilakukan tanpa merusak proses produksi.
3. Tidak memerlukan pelatihan yang luas.
4. Dapat memberikan hasil secara seketika / spontan.

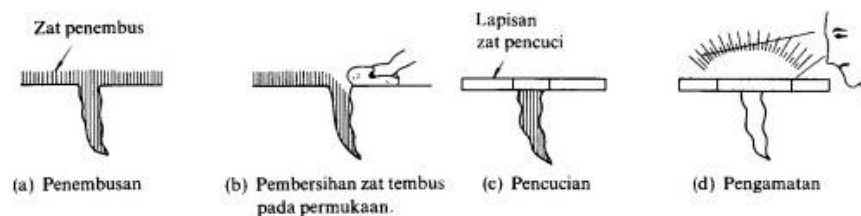
Kelemahan – Kelemahan :

1. Hanya dapat mendeteksi bagian permukaan.
2. Diperlukan pencahayaan yang terang dan baik.
3. Diperlukan penglihatan yang baik.

2.7.2 *Liquid Penetrant Testing* (Pengujian Penetran Cair).

Pengujian penetran cair adalah cara yang peka yang digunakan untuk menentukan cacat halus pada permukaan, seperti retak, lubang halus atau kebocoran. Cara ini pada dasarnya adalah menggunakan cairan berwarna yang dapat menembus cacat. Setelah cairan yang ada pada permukaan dibersihkan maka cacat akan terlihat dengan jelas seperti terlihat dalam Gambar 2.11.

Cara ini adalah cara yang murah, cepat dan mudah. Penggunaan yang paling tepat adalah untuk menguji logam – logam bukan magnet dimana penggunaan cara magnet tidak dapat dilakukan.



Gambar 2.10 : Dasar pengujian dengan zat penembus (Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, 2000).

Keuntungan - keuntungan :

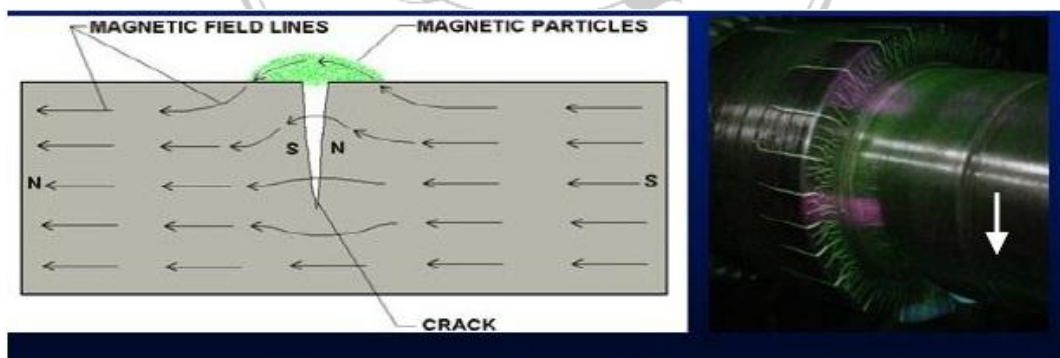
1. Metode yang sederhana untuk melaksanakan pengujian NDT.
2. Harganya Murah.
3. Bahan dapat digunakan untuk pengujian sangat kompleks.

Kelemahan – kelemahan :

1. Hanya bisa mendeteksi cacat permukaan.
2. Tidak dapat digunakan pada bahan yang berpori.
3. Diperlukan akses untuk pembersihan.

2.7.3 *Magnetic Particle Testing* (Pengujian Partikel Magnetik).

Dengan metode ini, cacat permukaan (surface) dan bawah permukaan (sub surface) suatu komponen dari bahan ferromagnetic dapat diketahui. Prinsipnya adalah dengan mengnetisasi bahan yang akan diuji. Adanya cacat yang tegak lurus arah mengindikasikan adanya cacat pada material. Cara yang digunakan untuk mendeteksi adanya kebocoran medan magnet adalah dengan menaburkan partikel tersebut akan berkumpul pada daerah kebocoran medan magnet.



Gambar 2.11 : Prinsip partikel magnet

Keuntungan – keuntungan :

1. Harganya murah.
2. Dapat melihat hasilnya seketika atau spontan.

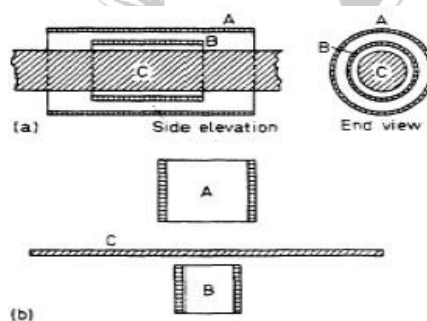
3. Sensitif pada pendeteksian pada permukaan dan diskontinuitas – diskontinuitas dibawah permukaan tanah.

Kelemahan – kelemahan :

1. Hanya bisa diterapkan untuk bahan ferromagnetik.
2. Tidak bisa mendeteksi cacat dalam atau diskontinuitas internal.
3. Diperlukan persediaan daya untuk magnetisasi.

2.7.4 *Electromagnetic Testing* (Pengujian Elektromagnetik)

Pengujian ini didasarkan atas terjadinya arus eddy pada logam yang diuji. Besarnya cacat dihubungkan dengan arus eddy yang terjadi. Karena arus eddy hanya terjadi pada permukaan saja, maka cacat yang dalam letaknya hamper tidak dapat ditentukan dengan cara ini. Metode pengujian ini biasanya kebanyakan digunakan untuk komponen – komponen berbentuk pipa dari peralatan teknik sipil. Arus pusar bertukar-tukar pada gilirannya, akan menghasilkan suatu medan magnet sekunder (H) yang selalu ada didalam arah kebalikan dengan medan magnet yang utama.



Gambar 2.12 : Prinsip pengujian arus pusar atau electromagnetis (IAEA, VIENA, 2005).

Keuntungan – keuntungan :

1. Hasil dapat diketahui secara langsung.
2. Sistem pemeriksaan dapat dengan mudah di jalankan.

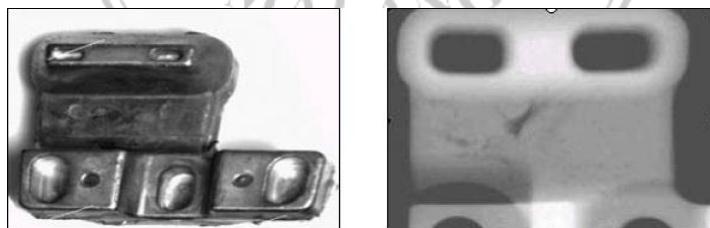
3. Bukan termasuk metode kontak.
4. Beberapa peralatan dibuat untuk pengukuran yang spesifik contoh, daya konduksi, cacat dalam dan lain lain.

Kelemahan – kelemahan :

1. Diperlukan operator yang sangat mahir dalam melaksanakan pengujian NDT arus pusar atau electromagnetis.
2. Hanya bisa diterapkan pada pendeteksian permukaan dan diskontinuitas dibawah permukaan tanah.

2.7.5 Radiographic Testing (Pengujian Radiografi (RT))

Metode NDT ini dapat untuk menentukan cacat pada material dengan menggunakan sinar X dan gamma. Prinsip sinar X dipancarkan menembus material yang diperiksa. Saat menembus objek, sebagian sinar akan diserap akan diserap sehingga intensitasnya berkurang intensitas akhir kemudian direkam pada film yang sensitive jika ada cacat pada material maka intensitas yang terekam pada film tentu akan bervariasi hasil rekaman pada film ini lah yang akan memperlihatkan bagian material yang mengalami cacat.



Gambar 2.13 : Pengujian Radiografi (IAEA, VIENA, 2005)

Keuntungan – keuntungan :

1. Dapat Digunakan pada semua bahan – bahan.

2. Mampu mendeteksi permukaan, diskontinuitas – diskontinuitas internal dan dibawah permukaan tanah.
3. Mampu menentukan adanya pemalsuan cacat.

Kelemahan – kelemahan :

1. Penggunaan radiasi sangat berbahaya untuk para pekerja ataupun operator.
2. Metode peralatan sangat mahal.
3. Untuk sinar radiografi sinar X memerlukan listrik.
4. Hasil dari proses pendeteksian radiografi tidak biasa dilihat spontan atau seketika, memerlukan pengolahan film, penafsiran dan evaluasi.
5. Memerlukan operator yang sangat terlatih.

2.7.6 *Ultrasonic Testing* (Pengujian Ultrasonik (UT))

Ultrasonic testing adalah salah satu metode Non Destructive Testing, yang menggunakan gelombang bunyi, Frekuensi yang ada itu dapat didengar oleh telinga manusia. Bunyi yang frekuensi sekitar 50 Khz sampai 100 KHz biasanya digunakan untuk pemeriksaan – pemeriksaan bahan – bahan yang tidak metalik sedangkan untuk frekuensi antara 05 MHz sampai dengan 10 MHz biasanya digunakan untuk pemeriksaan – pemeriksaan bahan logam.

Kelebihan – kelebihan dan kekurangan – kekurangan pada metode Ultrasonic Testing adalah sebagai berikut :

Kelebihan – kelebihan :

1. Hanya membutuhkan aksesibilitas satu sisi.
2. Mampu mendeteksi cacat yang ada didalam atau internal pada sebuah material.
3. Tidak berbahaya.

4. Bisa diaplikasikan untuk mengukur ketebalan, mendeteksi diskontinuitas, dan menentukan sifat material.
5. Bisa mengetahui ukuran cacat internal pada sebuah material.

Kekurangan – Kekurangan :

1. Tidak dapat mendeteksi cacat pada bidang yang sejajar dengan arah suara.
2. Untuk meningkatkan transmisi suara diperlukan penggunaan kopling.
3. Membutuhkan blok kalibrasi dan standar referensi.
4. Membutuhkan operator yang sangat terampil dan berpengalaman.
5. Tidak bisa diandalkan untuk cacat material pada permukaan dan pada bawah permukaan karena gangguan antara pulsa awal dan sinyal yang ada pada cacat material.

2.8 Penetrant Testing (Pengujian Liquid Penetran)

Uji Cairan *Penetran* adalah salah satu metode NDT yang menggunakan prinsip tindakan kapiler dimana cairan tersebut dapat menembus masuk kedalam keretakan – keretakan. Uji cairan *penetran* (PT) mempunyai metode yang dapat menyimpan pada permukaan obyek dari suatu cacat permukaan yang tinggi. Ciri – ciri dari metode ini dapat dengan cara melakukan pembahasan bagi permukaan pada bagian - bagian dan waktu yang telah diizinkan untuk dapat merembes masuk kedalam permukaan.

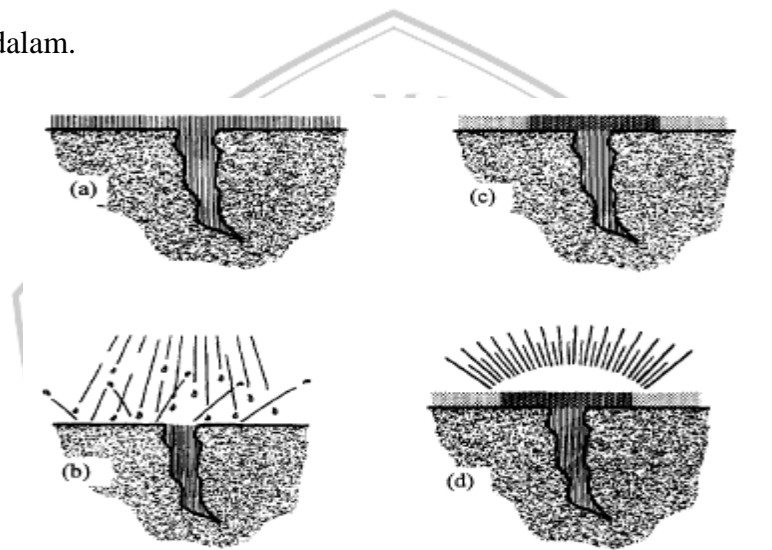
Metode Penetrant dapat digunakan untuk peralatan-peralatan pengujian di teknik sipil. Pemeriksaan pengujian cairan penetrant secara umum melibatkan urutan sebagai berikut :

Sebelum Pemeriksaan

Pada tahap ini permukaan item yang diperiksa dibersihkan untuk menghindari adanya kotoran yang dapat menutup cacat permukaan. Pembersihan dilakukan dengan metode – metode pembersihan uap air.

Aplikasi Penetran

Setelah permukaan itu selesai dibersihkan, semprotkan cairan penetran ke daerah yang terindikasi terjadinya cacat, kemudian cairan tunggu beberapa menit, jika terjadi cacat permukaan cairan penetrant itu akan masuk menembus masuk kedalam.



Gambar 2.14 : Prinsip uji cairan penetran (IAEA, VIENA, 2005)

- (a). Aplikasi cairan penetrant masuk dan merembas kedalam
- (b). Perpindahan cairan masuk kedalam
- (c). Aplikasi (Developer) pengembangan
- (d). Pemeriksaan untuk melihat indikasi adanya cacat

Membersihkan cairan penetrant

Cairan penetrant yang berlebihan perlu dibersihkan untuk dapat mengamati pemeriksaan yang sudah dibuat. Pembersihan ini dapat dilakukan dengan menggunakan air.

Aplikasi Pengembangan (*Developer*)

Pengembangan (*Developer*) berlaku untuk permukaan dari item yang diperiksa, penggunaan cairan pengembangan (*developer*) bertindak sebagai penarik cairan penetrant dari diskontinuitas.

Dalam pelaksanaannya, cairan penetran akan berdarah untuk membentuk suatu indikasi cacat didalam material.

Post - Cleaning

Aplikasi penetrant dan pengembang dapat menyebabkan permukaan biasa dicemari. Jadi setelah penyelesaian pemeriksaan, adalah penting bagi item untuk dibersihkan sehingga bahan tidak akan menjadi korosif.

2.9 Ultrasonic Testing (Pengujian Ultrasonik)

Gelombang ultrasonik adalah gelombang mekanik seperti gelombang suara yang frekuensinya lebih besar dari 20 kHz. Gelombang ini dapat dihasilkan oleh probe yang bekerja berdasarkan perubahan energi listrik menjadi energi mekanik. Sebaliknya probe juga dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik.

Selama perambatannya didalam material, gelombang ini mempengaruhi oleh sifat – sifat bahan dilalui misal massa jenis, homogenitas, besar butiran, kekerasan dan sebagainya. Dari sifat tersebut gelombang ini dapat dipakai untuk mengetahui jenis bahan, tebal dan ada tidak adanya cacat didalam bahan tersebut.

Gelombang ultrasonik dapat dipantulkan dan dibiaskan oleh permukaan batas antara dua bahan yang berbeda. Dari sifat pantulan tersebut dapat ditentukan tebal bahan, lokasi cacat serta ukuran cacat.

Cacat permukaan yang mudah diperiksa dengan gelombang ultrasonik adalah cacat / permukaan yang tegak lurus terhadap arah rambahatan gelombang,

karena cacat / permukaan tersebut memantulkan kembali gelombang untuk diterima oleh probe. Permukaan yang tidak tegak lurus terhadap arah rambatan gelombang lebih sukar diperiksa.

Oleh karenanya dibuat probe yang dapat mengeluarkan gelombang yang arah rambatannya membuat sudut tertentu terhadap permukaan yang diperiksa.

Dengan menggunakan teknik gema, cacat yang letaknya agak jauh dari permukaan akan lebih mudah dideteksi sedangkan cacat – cacat yang sangat dekat kepermukaan lebih sukar dideteksi.

Dalam penggunaannya, probe dapat dikontakkan langsung pada benda uji melalui kuplan yang sangat tipis yang biasanya disebut teknik kontak langsung, dapat pula dilakukan teknik redam (immersion) dimana jarak antara probe dan benda uji cukup jauh sehingga kuplan cukup tebal, misal probe dan benda uji diredam dalam bak berisi kuplan. Teknik redam mudah dioptimalkan tetapi peralatannya agak rumit sehingga tidak praktis untuk penggunaan di lapangan

Ukuran cacat tidak dapat ditentukan dengan tepat karena hanya permukaan yang tegak lurus terhadap arah rambatan saja yang dapat dilihat oleh gelombang ultrasonik dengan teknik gema. Penentuan ukuran cacat dapat dilakukan dengan cacat referensi, misal cacat referensi berbentuk silinder yang sumbunya tegak lurus arah rambatan gelombang atau berbentuk lingkaran datar yang bidangnya tegak lurus terhadap arah rambatan gelombang.

2.9.1 Prinsip Dasar Uji Ultrasonik

Untuk memeriksa tebal bahan dan atau adanya cacat didalam suatu bahan dengan gelombang ultrasonik, dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu teknik resonansi, teknik transmisi dan teknik gema. Dari ketiga teknik tersebut, teknik

gema dengan kontak langsung paling sering digunakan terutama pada pemeriksaan dilapangan.

Prinsip dasar dari ketiga teknik tersebut adalah sebagai berikut :

2.9.1.1 Teknik Resonansi

Tebal bahan dapat diukur dengan mengukur frekuensi / panjang gelombang ultrasonik yang dapat menimbulkan maksimum pada bahan tersebut. Adanya cacat dapat dideteksi dengan terjadinya perubahan resonansi karena jarak bahan yang beresonansi berubah.

2.9.1.2 Teknik Transmisi

Adanya cacat didalam bahan dapat diketahui dari adanya penurunan intensitas gelombang ultrasonik yang diterima oleh probe penerima. Sedangkan tebal bahan tidak dapat diukur dengan teknik transmisi.

2.9.1.3 Teknik Gema

Tebal bahan, lokasi dan besarnya cacat dapat diketahui dari waktu rambat dan amplitudo gelombang yang diterima oleh probe.

2.9.2 Gelombang Ultrasonik

Didalam ini dikenal bermacam – macam gelombang misal :

- Gelombang elektromagnetik (gelombang radio, cahaya, sinar X, sinar gamma dan sebagainya)
- Gelombang listrik (arus listrik)
- Gelombang mekanik (suara, musik)
- Gelombang ultrasonik adalah gelombang mekanik seperti suara, yang frekuensinya lebih besar dari 20 kHz. Gelombang ini mempunyai besaran – besaran fisis seperti pada suara yaitu panjang gelombang (λ), kecepatan

rambat (v), waktu getar (T) amplitudo (A), frekuensi (f), fasa (ϕ) dan sebagainya. Formulasi yang berlaku bagi gelombang suara berlaku pula bagi gelombang ultrasonik misal.

2.9.3 Cara Perambatan

Untuk menggambarkan cara perambatan suatu gelombang ultrasonik, bahan digambarkan sebagai atom yang saling terikat melalui pegas.

Bila atom paling kiri didorong kekanan, maka atom disebelah kanannya akan ikut terdorong ke kanan. Demikian pula atom yang terletak lebih kekanan akan ikut terdorong kekanan dan dorongan akan lanjut keujung bahan.

Dorongan kekanan tersebut akan mengakibatkan atom disekitarnya akan ikut berubah posisi. Sehingga pengaruh dorongan ini akan diteruskan ke semua arah meskipun besar dorongannya tidak sama kuat.

Akibatnya bila atom paling kiri digetarkan maka getaran ini akan diteruskan kemana – mana dengan intensitas yang berbeda tergantung pada arah.